

# Clustering des itinéraires pour le Problème d’Affectation de Flotte

Tatiana Peña Páez<sup>1</sup>, Mourad Boudia<sup>1</sup>, Semi Gabteni<sup>1</sup>, Mohamed Ali Aloulou<sup>2</sup>

<sup>1</sup>AMADEUS, Operational Research And Innovation division,  
485, Route du Pin Montard, Les Bouillides - BP 69 06902 Sophia Antipolis Cedex, France  
{tatiana.penapaez, mourad.boudia, semi.gabteni}@amadeus.com

<sup>2</sup>LAMSADE, Université Paris Dauphine,  
Place du Maréchal de Lattre de Tassigny, 75775 Paris Cedex 16, France  
aloulou@lamsade.dauphine.fr

**Mots-Clés :** *Affectation de flotte, cluster d’itinéraires, métrique.*

## 1 Introduction

Le problème d’affectation de flotte, ou “Fleet Assignment” consiste à allouer à chaque vol opéré par une compagnie aérienne un type d’avions et donc une capacité en sièges, en maximisant le profit. C’est une phase amont de la construction du plan opérationnel des compagnies aériennes qui dépend notamment des prévisions de demandes. Les premiers modèles proposés font l’hypothèse d’une demande par vol ou tronçon -vol ou partie d’un vol avec escale-, indépendante de la demande sur les autres tronçons, “leg based fleet assignment model” [1]. Or la demande porte sur des itinéraires, ou combinaisons de tronçons, ce qui amène aux modèles “itinerary based fleet assignment” (IFAM) [2]. La difficulté posée par ces derniers tient à la trop grande granularité de la demande par itinéraires, et à la difficulté de sa prévision. Ceci est d’autant plus pénalisant que les connexions possibles offertes sont nombreuses. Il s’agit donc de développer une approche robuste en intégrant une demande par itinéraires naturellement volatile. La proposition repose sur une consolidation de la demande par groupes d’itinéraires ou clusters, en tirant profit du fait que les compagnies aériennes soient plus à même de prédire le trafic depuis une origine vers un groupe de destinations, donc sur un ensemble d’itinéraires. Le modèle et les approches de construction des clusters sont d’abord présentés. Les résultats et une conclusion clôturent ce résumé.

## 2 Modèle d’affectation de flotte basé sur le clustering

Du fait de la concision requise, la modélisation se restreint aux différences avec l’IFAM. Une hypothèse de réseau en étoile, où tous les tronçons partent du, ou arrivent au hub, est émise. La fonction objectif minimise le coût total des opérations ajouté à la perte de revenu liée aux demandes non satisfaites ; objectif équivalent à une maximisation du profit. Les contraintes de couverture de vols, de flotte limitée et de faisabilité des successions de vols pour les flottes sont identiques au modèle IFAM.

L'introduction des clusters impacte les contraintes de capacité, et de limitation des demandes non satisfaites, ou "spill". Notons  $D_l$  la demande non contrainte du leg  $l$  et  $D_g$  celle du groupe  $g$ ,  $Spill_l$  le spill du leg  $l$  et  $Spill_g$  celui du groupe  $g$ , et  $SEATS(f)$  la capacité des appareils de la flotte  $f$ . La variable binaire  $X_{f,l}$  est égale à 1 si la flotte  $f$  couvre le leg  $l$  et 0 sinon. La contrainte de limitation du spill impose que ce dernier ne soit pas supérieur à la demande non contrainte. Elle s'écrit pour chaque groupe sous la forme (1).

$$Spill_g \leq D_g \quad \forall g \quad (1)$$

Quant à la contrainte de capacité, elle devient :

$$\sum_{g \in G(l)} D_g + D_l - \left( \sum_{g \in G(l)} Spill_g + Spill_l \right) \leq \sum_{f \in F} X_{f,l} \cdot SEATS(f) \quad \forall l \quad (2)$$

Pour chaque leg  $l$ , la demande totale des itinéraires multi-legs utilisant  $l$  plus la demande restreinte au leg lui-même, moins la somme des spill ne doit pas dépasser la capacité du type d'avion affecté.

### 3 Construction des clusters

Deux métriques de construction des clusters hiérarchiques ont été implémentées. La première, dite "géographique" vise à regrouper les aéroports du réseau sur la base de leur proximité géographique. Le seuil de proximité étant fixé de manière à avoir une répartition cohérente. La seconde métrique basée sur les flux de passagers, regroupe les aéroports de départ en fonction de la similarité des destinations des passagers. Il est cependant clair que pour de telles méthodes hiérarchiques, le seuil de discrimination des clusters est à déterminer. Plusieurs simulations sont parfois nécessaires.

### 4 Résultats et Conclusion

Les résultats obtenus sur des tests de taille moyenne démontrent la meilleure robustesse du modèle basé sur les clusters. Sur un échantillon généré de réalisations de la demande, et avec une volatilité variable de celles-ci, la solution du modèle basé sur les clusters préserve mieux le profit sur l'ensemble des scénarii de réalisation de la demande. Et cet avantage est d'autant plus important que la volatilité est grande. Un travail de recherche sur de nouvelles approches de construction des clusters apportera des améliorations supplémentaires.

### Références

- [1] J. Abara. Applying Integer Linear Programming to the Fleet Assignment Problem. *INTERFACES*, 19:20–28, 1989.
- [2] C. Barnhart, T.S. Kniker and M. Lohatepanont. Itinerary-Based Airline Fleet Assignment. *Transportation Science*, 36:199–217, 2002.